

BAB VI
PERHITUNGAN SISTEM PIPA
(PIPING SYSTEM)

1. UMUM

Sistem pipa merupakan bagian utama suatu sistem yang menghubungkan titik dimana fluida disimpan ke titik pengeluaran semua pipa baik untuk memindahkan tenaga atau pemompaan harus dipertimbangkan secara teliti karena keamanan dari sebuah kapal akan tergantung pada susunan perpipaannya seperti halnya pada perlengkapan kapal lainnya.

2. BAHAN PIPA

Bahan pipa yang digunakan di kapal adalah :

a) Seamless Drawing Steel Pipe (pipa baja tanpa sambungan)



Gambar 6.1. Seamless Drawing Steel Pipe

Pipa jenis ini digunakan untuk semua penggunaan dan dibutuhkan untuk pipa tekan dan sistem bahan bakar dari pompa injeksi bahan bakar motor pembakaran dalam.

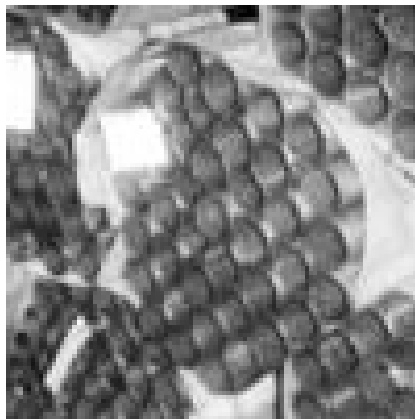
b) Seamless Drawn Pipe dari Tembaga atau Kuningan

Pipa jenis ini tidak boleh digunakan pada temperatur lebih dari 406 °F dan tidak boleh digunakan pada super heater (uap dan panas lanjut).

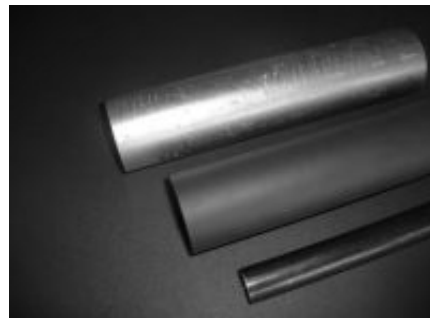


Gambar 6.2. Seamless Drawn Pipe

c) Lap Welded / Electric Resistance Welded Steel Pipe



Gambar 6.3. Lap Welded
Steel Pipe



Gambar 6.4. Electric Resistance
Welded Steel Pipe

Pipa jenis ini tidak diijinkan untuk digunakan dalam sistem di mana tekanan kerja melampaui 350 Psi atau pada temperatur di mana sistem yang dibutuhkan pipa tekanan tanpa sambungan.

d) Baja Schedule 40

Pipa ini dilindungi terhadap kerusakan mekanis yaitu perlindungan menyeluruh dengan sistem galvanis. Dengan sistem perlindungan tersebut maka pipa dapat digunakan untuk suplai air laut, dapat juga untuk saluran sistem bilga, kecuali dalam ruangan yang kemungkinan mudah terkena api

sehingga dapat melebar dan merusak sistem bilga.



Gambar 6.5. Baja Schedule 40

e) Pipa Schedule 80 – 120

Pipa jenis ini diisyaratkan mempunyai ketebalan yang lebih tebal dibandingkan dengan jenis pipa yang lain. Dalam penggunaan pipa schedule 80 – 120 dapat difungsikan sebagai pipa hidrolis yaitu pipa dengan aliran fluida bertekanan tinggi.

f) Pipa Galvanis



Gambar 6.6. Pipa Galvanis

Pipa jenis ini digunakan untuk suplai air laut (sistem Ballast dan Bilga).

3. BAHAN KATUP DAN PERALATAN (FITTING)

a) Kuningan (Bross)

Katup dengan bahan ini digunakan untuk temperatur di bawah 450 °F. Bila temperatur lebih besar dari 550° F maka digunakan material perunggu. Biasanya mempunyai diameter 3 inchi dan tekanan kerja dapat lebih besar dari 330 Pcs.

b) Baja Cor/ Tuang

Dapat dipakai pada setiap sistem dan untuk semua tekanan/ temperatur.

c) Besi Cor dan Campuran Setengah Baja

Dapat digunakan untuk temperatur yang tidak melebihi 450° F. Kecuali jika untuk sistem yang bersangkutan diperlukan bahan lain.

4. FLENS

Flens dipakai untuk sistem pipa, dapat dipasang pada pipa – pipa dengan salah satu cara di bawah ini dengan mempertimbangan bahan yang dipakai.

a) Pipa Baja

Pipa baja dengan diameter normal lebih dari 12 inchi harus dimuaikan (expanded) ke dalam flens baja atau dapat dibaut pada flens atau dilas.

b) Pipa yang lebih kecil

Dapat dibaut kedalam flens tanpa dilas tetapi untuk pipa uap air dan minyak juga disesuaikan supaya memastikan adanya kedekatan pada ulirnya.

c) Pipa non ferro

Harus dipatri (solder trased) tetapi untuk diameter lebih kecil atau sama dengan 2 inchi dapat dibaut.

Tabel 6.1. Ketentuan Sambungan Pipa Dengan Flens

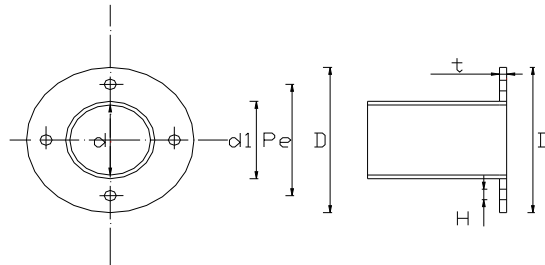
d	d ₁	Pe	D	t	H	J.Baut
15	21,0	60	80	9	12	4
20	27,7	65	85	10	12	4
25	34,0	75	95	10	12	4
32	42,7	90	115	12	15	4
40	48,6	95	120	12	15	4
65	76,3	130	150	14	15	4
80	89,1	145	180	14	15	4
100	114,3	165	200	16	19	4
125	159,8	200	135	16	19	8
150	165,2	135	265	18	19	8
200	216,3	280	320	20	20	8

Sumber : BKI Th. 2006 Vol III Sec. 10

Keterangan:

d = Diameter dalam pipa

d_1	= Diameter luar pipa
P_e	= Diameter letak baut flens
D	= Diameter flens
t	= Tebal flens
H	= Diameter Baut
J baut	= Jumlah Baut



Gambar 6.7. Flens

5. KETENTUAN UMUM SISTEM PIPA

Sistem pipa harus dilaksanakan sepraktis mungkin dengan bengkokan dan sambungan las atau brazing sedapat mungkin dengan flens atau sambungan yang dapat dilepas dan dipindahkan jika perlu semua pipa harus dilindungi sedemikian rupa sehingga terhindar dari kerusakan mekanis dan harus ditumpu/ dijepit sedemikian rupa untuk menghindari getaran.

Tabel 6.2. Standart Ukuran Pipa Baja

Inside Diameter (mm)	Nominal Size (inch)	Outside Diameter (mm)	SGP Tebal Min (mm)	Schedule 40 (mm)	Schedule 80 (mm)
6	¼	10.5	2.0	1.7	2.4
10	3/8	17.3	2.3	2.3	3.2
15	½	21.7	2.8	2.8	3.7
20	¾	27.2	3.2	2.9	3.9
25	1	34.0	3.5	3.4	4.5
32	1 ¼	42.7	3.5	3.6	4.9
40	1 ½	48.6	3.8	3.7	5.1
50	2	60.5	4.2	3.9	5.5
65	2 ½	76.3	4.2	5.2	7.0
80	3	89.1	4.5	5.5	7.6
100	4	114.3	4.5	6.0	8.6
125	5	139.8	5.0	6.6	9.5
150	6	165.2	5.8	7.1	11.0
200	8	216.3	6.6	8.2	12.7
250	10	267.4	6.9	9.3	-
300	12	318.5	7.9	10.3	-
350	14	355.6	7.9	11.1	-
400	16	406.4	-	12.7	-
450	18	457.2	-	-	-
500	20	508.0	-	-	-

Sumber : JIS Th. 2002

a) Sistem Bilga

• **Susunan Pipa Bilga**

- Pipa – pipa bilga dan penghisapannya harus ditentukan sedemikian rupa sehingga dapat dikeringkan sempurna
- Walaupun dalam keadaan miring atau kurang menguntungkan.
- Pipa – pipa hisap harus diatur dikedua sisi kapal, pada ruangan – ruangan dikedua ujung kapal, masing – masing cukup dilengkapi dengan satu pipa hisap yang dapat mengeringkan ruangan tersebut.
- Ruangan yang terletak dimuka sekat tubrukan dan belakang tabung poros propeller yang tidak dihubungkan dengan sistem pompa bilga umum harus dikeringkan dengan cara yang memadai.

• **Pipa Bilga yang melalui tangki – tangki.**

- Pipa bilga tidak boleh dipasang melalui tangki minyak lumas dan air minum.
- Jika pipa bilga melalui tangki bahan bakar yang terletak diatas alas

ganda dan berakhir dalam ruangan yang sulit dicapai selama pelayaran maka harus dilengkapi dengan katup periksa atau check valve tambahan, tepat dimana pipa bilga tersebut dalam tangki bahan bakar.

- **Pipa Expansi**

- Dari jenis yang telah disetujui harus digunakan untuk menampung ekspansi panas dari sistem bilga.
- Konsperator ekspansi karet tidak diijinkan untuk dipergunakan dalam kamar mesin dan tangki – tangki.

- **Pipa hisap bilga dan saringan – saringan.**

- Pipa hisap harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menyulitkan saat membersihkan pipa hisap, dan kotak pengering pipa hisap dilengkapi dengan saringan yang tahan karat.
- Aliran pipa hisap bilga darurat tidak boleh terhalang dan pipa hisap tersebut terletak pada jarak yang cukup dari alas dalam.

- **Katub dan Perlengkapan Pipa Bilga.**

Katub alih atau perlengkapan pada pipa bilga terletak pada tempat yang mudah dicapai dalam ruangan dimana pompa bilga ditempatkan.

b) Sistem Ballast

- **Susunan pipa ballast**

Pipa hisap dalam tangki ballast harus diatur sedemikian rupa sehingga tangki – tangki tersebut dapat dikeringkan sewaktu kapal dalam keadaan trim atau miring yang kurang menguntungkan.

- **Pipa ballast yang melewati ruang muat.**

Jika pipa ballast terpasang dari ruang pompa belakang ke tangki air ballast didepan daerah tangki muatan melalui tangki muatan maka tebal dinding pipa harus diperbesar lengkung pipa untuk mengatasi pemuaian harus ada pada pipa ini.

c) Sistem Bahan Bakar

- **Susunan pipa bahan bakar**

Pipa bahan bakar tidak boleh melalui tangki air minum maupun tangki

minyak lumas. Pipa bahan bakar tidak boleh terletak disekitar komponen – komponen mesin yang panas.

- **Pipa pengisi dan pengeluaran.**

Pengisian pipa bahan bakar cair harus disalurkan melalui pipa – pipa yang permanen dari geladak terbuka atau tempat – tempat pengisian bahan bakar dibawah geladak. Disarankan meletakkan pipa pengisian pada kedua sisi kapal. Penutupan pipa di atas geladak harus dapat dilakukan, bahan bakar dialirkan menggunakan pipa pengisian.

d) Sistem Pipa Air Tawar

Susunan pipa air tawar :

- Pipa – pipa yang berisi air tawar tidak boleh melalui pipa – pipa yang bukan berisi air tawar. Pipa udara dan pipa limbah air tawar boleh dihubungkan dengan pipa lain dan juga tidak boleh melewati tangki – tangki yang berisi air tawar yang dapat diminum.
- Ujung – ujung atas dari pipa udara harus dilindungi terhadap kemungkinan masuknya serangga ke dalam pipa tersebut. Pipa juga harus cukup tinggi terletak dari geladak dan letaknya tidak boleh melalui tangki yang isinya bahan cair yang dapat diisi air minum. Pipa air tawar tidak boleh dihubungkan dengan pipa air lain yang bukan terisi air minum.

e) Sistem Saniter, Scupper, dan Sewage

- **Pipa Saniter dan Scupper** berkisar antara 50 s/d 100 mm
Direncanakan 3” (80 mm) tebal direncanakan 4,2 mm.
- **Lubang Pembuangan Scupper dan Saniter**
 - Lubang pembuangan dalam jumlah dan ukuran yang cukup untuk mengeluarkan air, harus dipasang pada geladak cuaca dan geladak lambung timbul dalam bangunan atas dan rumah geladak yang tertutup.
 - Pipa pembuangan di bawah garis muat musim panas harus dihubungkan pipa sampai bilga dan harus dilindungi dengan baik.
 - Lubang pembuangan dan saniter tidak boleh dipasang di atas garis

muat kosong di daerah peluncuran sekoci penolong.

- **Pipa Sewage (saluran kotoran)**

Diameter pipa sewage paling kecil 100 mm. Direncanakan berdiameter = 4” tebal 4,5 mm

f) Sistem Pipa Udara

- **Susunan Pipa Udara**

- Semua tangki dan ruangan kosong dan lain-lain pada bangunan yang tertinggi harus dilengkapi dengan pipa udara yang dalam keadaan biasa harus berakhir diatas geladak utama atau terbuka.
- Pipa-pipa udara dari tangki-tangki pengumpulan atau penampungan minyak yang tidak dipanasi boleh terletak pada tempat yang mudah terlihat dalam ruangan kamar mesin.
- Pipa-pipa udara harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak terjadi adanya pengumpulan cairan dalam pipa tersebut.
- Pipa-pipa udara dari tangki penyimpanan minyak lumas, boleh berakhir pada kamar mesin jika dinding tangki lumas tersebut adalah dari lambung kapal maka pipa udaranya harus berakhir di selubung kamar mesin di atas geladak lambung timbul.
- Pipa udara dari tangki-tangki cofferdam dan ruangan yang merupakan pipa hisap bilga harus dipasang dengan pipa udara yang berakhir di ruangan terbuka.
- Pipa-pipa udara dari tangki-tangki cofferdam dan ruangan-ruangan yang merupakan pipa hisap bilga harus dipasang dengan pipa udara yang berakhir dengan/ di ruang terbuka.
- Mengenai syarat pemasangan pipa udara, diterangkan pada buku Perlengkapan Kapal A dan B Hal. 112, yaitu :
 - o Untuk tangki muat dan deck akil (fore castle deck), tinggi pipa udara 900 mm.
 - o Untuk bangunan atas, tinggi pipa udara 780 mm.

(Sumber : Diktat Perlengkapan Kapal, Jilid A dan B)

(g) Pipa Duga

Diameter pipa duga minimal adalah 32 mm dan direncanakan 1 ¼. Tangki–tangki, ruangan, cofferdam dan bilga dalam ruangan yang tidak mudah dicapai setiap waktu, harus dilengkapi pipa duga sedapat mungkin pipa duga tersebut harus memanjang ke bawah sampai dekat alas.

- Pipa–pipa duga yang ujungnya terletak di bawah garis lambung timbul harus dilengkapi dengan katub otomatis, pipa duga semacam itu hanya diijinkan dalam ruangan yang dapat diperiksa dengan teliti.
- Pipa duga tangki harus dilengkapi dengan pengaturan tekanan yang dibuat sedekat mungkin di bawah geladak tangki.
- Setiap pipa duga harus dilengkapi dengan pelapis di bawahnya jika pipa duga tersebut dihubungkan dengan kedudukan samping atas pipa cabang, di bawah pipa duga tersebut harus dipertebal secukupnya.

- **Bahan Pipa Duga**

- Pipa baja harus dilindungi terhadap pengkaratan pada bagian dalam dan lainnya.

6. PERHITUNGAN SISTEM PIPA**a) Pipa Bilga Utama**

- **Perhitungan Diameter Pipa Bilga Utama**

Diameter (dalam) pipa bilga utama (d_H) sesuai register untuk kecepatan minimum aliran dalam pipa (V_{CL}) = 2 m/s.

$$d_H = 1,68\sqrt{(B + H)L} + 25 \quad mm$$

(Ref : 6.1. BKI Th.2006 Vol. III Sec. 11.N.2.2a)

dimana :

$L = 113,00$ m (Panjang Kapal)

$B = 18,60$ m (Lebar Kapal)

$H = 9,40$ m (Tinggi Kapal)

Maka :

$$\begin{aligned} d_H &= 1,68\sqrt{(18,60 + 9,40)113} + 25 \quad mm \\ &= \mathbf{136,499 \text{ mm (minimum)}} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bilga utama (d_H) = **150 mm = 6 Inch**, diameter luar pipa bilga utama (d_a) = **165,2 mm**

- **Perhitungan Tebal Pipa Bilga Utama**

$$S = S_o + c + b$$

(Ref : 6.2. BKI Th.2006 Vol. III Sec. 11.C.2.1)

Dimana :

$$S_o = (d_a \cdot P_c) / 20\delta_{perm} V + P_c$$

$$\begin{aligned} d_a &= \text{diameter luar pipa} \\ &= 165,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \text{Ketentuan tekanan} \\ &= 16 \text{ bar (pada } 300^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{perm} &= \text{Toleransi tegangan max} \\ &= 80 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{Faktor efisiensi} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \text{faktor korosi sea water lines} \\ &= 3,00 \end{aligned}$$

$$b = 0$$

$$\begin{aligned} S_o &= (165,2 \times 16) / (20 \times 80 \times 1 + 16) \\ &= 1,635 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} S &= S_o + c + b \\ &= 1,635 + 3 + 0 \\ &= \mathbf{4,635 \text{ mm (tebal minimum)}} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa bilga utama (S) = **5,8 mm**

- **Pipa Bilga Cabang**

- **Perhitungan diameter (dalam) Pipa Bilga Cabang**

$$dz = 2,15\sqrt{l(B+H)} + 25 \text{ mm}$$

(Ref : 6.3. BKI Th.2006 Vol. III Sec. 11.N.2.2b)

Dimana :

l = panjang kompartemen yang kedap air = 19,8 m

Maka :

$$\begin{aligned} dz &= 2,15\sqrt{19,8(18,60+9,40)} + 25 \text{ mm} \\ &= \mathbf{75,623 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bilga cabang (d_z) = **80 mm = 3 Inch**, diameter luar pipa bilga cabang (d_a) = **89,1 mm**

- **Perhitungan tebal pipa bilga cabang**

$$S = S_o + c + b \text{ mm}$$

(Ref : 6.4. BKI Th.2006 Vol. III Sec. 11.C.2.1)

Dimana :

$$S_o = (d_a \times P_c) / 20\delta_{perm} V + P_c$$

$$\begin{aligned} d_a &= \text{diameter luar pipa bilga cabang} \\ &= 89,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \text{Ketentuan tekanan} \\ &= 16 \text{ Bar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{perm} &= \text{Toleransi tegangan max} \\ &= 80 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{Faktor efisiensi} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \text{Faktor korosi sea water lines} \\ &= 3,00 \end{aligned}$$

$$b = 0$$

$$S_o = (89,1 \times 16) / (20 \times 80 \times 1 + 16)$$

$$= 0,882 \text{ mm}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} S &= 0,882 + 3 + 0 \\ &= \mathbf{3,882 \text{ mm (minimum)}} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa bilga cabang (S) = **4,5 mm**

b) Pipa Ballast

- **Perhitungan diameter pipa ballast**

Diameter pipa ballast sesuai dengan perhitungan kapasitas tangki air ballast yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki Ballast} &= 1435,773 \text{ m}^3 \\ \text{Berat Jenis Air laut} &= 1,025 \text{ ton/m}^3 \\ \text{Kapasitas tangki air ballast} &= V \times 1,025 \\ &= 1435,773 \text{ m}^3 \times 1,025 \text{ ton/m}^3 \\ &= 1471,667 \text{ ton.} \end{aligned}$$

Sehingga standart ukuran pipa baja (BKI) sesuai kapasitas tangki direncanakan diameter pipa ballast = **250 mm = 10 Inch**, diameter luar pipa ballast = **267,4 mm**

Tabel 6.3. Standart ukuran diameter pipa

Kapasitas Tangki (ton)	Diameter dalam pipa & fitting (mm)
Sampai 20	60
20 – 40	70
40 – 75	80
75 – 120	90
120 – 190	100
190 – 265	110
265 – 360	125
360 – 480	140
480 – 620	150

TUGAS AKHIR KM “KM SONIC SHIP” GC 4990 BRT

620 – 800	160
800 – 1000	175
1000 – 1300	200
1300 – 1700	215

(Sumber : BKI Th. 2006 Vol. III)

- **Perhitungan Kapasitas Pompa Ballast**

Kapasitas Pompa Ballast :

$$Q = 5,75 \times 10^{-3} \times d_H^2$$

(Ref : 6.5. BKI Th.2006 Vol. III Sec. 11.N.3.1)

Dimana :

$$\begin{aligned} Q &= \text{kapasitas air ballast diijinkan dengan 2 buah pompa + 1} \\ &\quad \text{cadangan yang terletak di Main Engine.} \\ &= 230 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 5,75 \times 10^{-3} \times 200^2 \\ &= \mathbf{230 \text{ m}^3/\text{jam}} \end{aligned}$$

- **Perhitungan tebal pipa ballast**

Perhitungan tebal pipa ballast :

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

(Ref : 6.6. BKI Th.2006 Vol. III Sec. 11.C.2.1)

Dimana :

$$S_o = (d_a P_c) / 20 \sigma_{\text{perm}} V + P_c$$

$$\begin{aligned} d_a &= \text{diameter luar pipa} \\ &= 267,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \text{Ketentuan Tekanan} \\ &= 16 \text{ Bar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{perm}} &= \text{Toleransi Tegangan Max} \\ &= 80 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{faktor efisiensi} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

TUGAS AKHIR KM “KM SONIC SHIP” GC 4990 BRT

c = faktor korosi sea water lines

$$= 3,00$$

b = 0

So = $(d_a P_c) / (20 \sigma_{perm} V + P_c)$

$$= (267,4 \times 16) / (20 \times 80 \times 1 + 16)$$

$$= 2,647 \text{ mm}$$

Jadi :

S = So + c + b

$$= 2,647 + 3 + 0$$

$$= \mathbf{5,647 \text{ mm (minimum)}}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa ballast (S) = **6,9 mm**

c) Pipa Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar sesuai dengan perhitungan pada Rencana Umum (RU) maka dibutuhkan untuk mesin induk dan mesin bantu adalah :

BHP mesin induk = 5500 HP

BHP mesin bantu = 20 % x 5500

$$= 1100 \text{ HP}$$

Untuk 2 mesin bantu = 2 x 1100

$$= 2200 \text{ HP}$$

Sehingga BHP total = BHP AE + BHP ME

$$= 2200 + 5500$$

$$= \mathbf{7700 \text{ HP}}$$

- Kebutuhan bahan bakar (Q_{b1})**

Jika 1 HP di mana koefisien pemakaian bahan bakar dibutuhkan 0,18

Kg/HP/jam :

BHP total = 7700 HP

$$= 0,18 \text{ Kg/HP/Jam} \times 7700 \text{ HP}$$

$$= 1386 \text{ Kg/jam}$$

$$= \mathbf{1,386 \text{ ton/jam}}$$

- **Kebutuhan bahan bakar tiap jam**

$$\begin{aligned}
 Qb_1 &= \text{Kebutuhan Bahan Bakar} \times \text{Spesifik volume berat} \\
 &\quad \text{bahan bakar} \\
 &= 1,386 \text{ ton/jam} \times 1,25 \text{ m}^3/\text{ton} \\
 &= \mathbf{1,7325 \text{ m}^3/\text{jam}}
 \end{aligned}$$

- **Direncanakan pengisian tangki bahan bakar tiap 10 jam**

Sehingga volume tangki :

$$\begin{aligned}
 V &= Qb_1 \times h \\
 &= 1,7325 \text{ m}^3/\text{h} \times 10 \\
 &= \mathbf{17,325 \text{ m}^3}
 \end{aligned}$$

Pengisian Tangki Harian diperlukan waktu 1 jam, maka pada tiap pompa tangki bahan bakar ke tangki harian :

$$\begin{aligned}
 Qb_2 &= V / \text{waktu hisap} \\
 &= 17,352 / 1 \\
 &= \mathbf{17,352 \text{ m}^3/\text{jam}}
 \end{aligned}$$

- **Diameter pipa dari tanki harian menuju mesin :**

$$d = \sqrt{\frac{Qb_1}{5,75 \times 10^{-3}}}$$

(Ref : 6.7. BKI Th.2006 Vol. III Sec. 11.N.3.1)

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{1,7325}{5,75 \times 10^{-3}}} \\
 &= \mathbf{17,358 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Sehingga sesuai standart ukuran pipa baja (BKI) direncanakan diameter pipa tangki harian menuju mesin = **20 mm = 3/4 Inch**, diameter luar pipa = **27,2 mm**

- **Perhitungan tebal pipa dari tangki harian menuju mesin :**

$$S = S_o + c + b$$

(Ref : 6.8. BKI Th.2006 Vol. III Sec. 11.C.2.1)

Dimana :

$$S_o = (d_a P_c) / 20 \sigma_{perm} V + P_c$$

$$\begin{aligned} d_a &= \text{diameter luar pipa} \\ &= 27,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \text{Ketentuan Tekanan} \\ &= 16 \text{ Bar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{perm} &= \text{Toleransi tegangan max} \\ &= 80 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{Faktor efisiensi} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \text{Faktor korosi sea water lines} \\ &= 3,00 \end{aligned}$$

$$b = 0$$

$$\begin{aligned} S_o &= (27,2 \times 16) / (20 \times 80 \times 1 + 16) \\ &= 0,269 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 0,269 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\ &= \mathbf{3,269 \text{ mm (minimum)}} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa = **3,2 mm**

- **Perhitungan diameter pipa dari tangki bahan bakar ke tangki harian.**

Direncanakan pengisian tangki bahan bakar tiap 0,5 jam.

$$\begin{aligned} \text{Sehingga volume tangki} &= Qb_1 \times h \text{ (m}^3\text{)} \\ &= 1,7325 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam} \\ &= \mathbf{17,325 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

- **Diameter pipa dari tanki bahan bakar menuju tanki harian :**

(Ref : 6.9. BKI Th.2006 Vol. III Sec. 11.N.3.1)

$$\begin{aligned} d_b &= \sqrt{\frac{Qb_2}{5,75 \times 10^{-3}}} \\ &= \sqrt{\frac{17,325}{5,75 \times 10^{-3}}} \\ &= \mathbf{54,891 \text{ mm (minimum)}} \end{aligned}$$

Sehingga sesuai standart ukuran pipa baja (BKI) direncanakan diameter pipa tangki bahan bakar menuju tangki harian = **65 mm = 2 1/2 Inch**, diameter luar pipa = **76,3 mm**

d) Pipa minyak lumas

- **Diameter pipa minyak lumas Sesuai dengan perhitungan kapasitas tangki minyak lumas yaitu :**

$$\text{Volume Tangki Minyak Lumas} = 6,912 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Jenis minyak} = 0,8 \text{ ton/ m}^3$$

$$\text{Kapasitas tangki Minyak Lumas} = V \times 0,8$$

$$= 6,912 \text{ m}^3 \times 0,8 \text{ ton/m}^3$$

$$= 5,529 \text{ ton.}$$

$$Q_s = \text{Kapasitas minyak lumas, direncanakan 15 menit} = \frac{1}{4} \text{ jam}$$

$$= 5,529 / 0,25$$

$$= \mathbf{22,116 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$d = \sqrt{\frac{Q_s}{5,75 \times 10^{-3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{22,116}{0,00575}}$$

$$= \mathbf{62,018 \text{ mm}}$$

Sehingga sesuai standart ukuran pipa baja (BKI) direncanakan diameter pipa tangki bahan bakar menuju tangki harian = **65 mm = 2 1/2 Inch**, diameter luar pipa = **76,3 mm**

Kapasitas Pompa Minyak Lumas :

$$Q = 5,75 \times 10^{-3} \times d_H^2$$

$$= 5,75 \times 10^{-3} \times 80^2$$

$$= \mathbf{36,8 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

- **Tebal pipa minyak lumas**

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

(Ref : 6.10. BKI Th.2006 Vol. III Sec. 11.C.2.1)

Dimana :

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

$$S_o = (d_a P_c) / (20 \sigma_{perm} V + P_c)$$

$$\begin{aligned} d_a &= \text{diameter luar pipa} \\ &= 76,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \text{Ketentuan Tekanan} \\ &= 16 \text{ Bar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{perm} &= \text{Toleransi Tegangan Max} \\ &= 80 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{factor efisiensi} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

$$c = \text{faktor korosi sea water lines} = 3,00$$

$$b = 0$$

$$\begin{aligned} S_o &= (76,3 \times 16) / (20 \times 80 \times 1 + 16) \\ &= 0,755 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} S &= 0,755 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\ &= \mathbf{3,755 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa = **4,2 mm**

e) Pipa air tawar

- **Dari rencana umum kapasitas tangki air tawar adalah :**

$$\text{Volume air tawar} = 25,649 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat jenis air tawar} = 1,000 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas tangki air tawar} &= V \times 1,000 \\ &= 25,649 \text{ m}^3 \times 1,000 \text{ ton/m}^3 \\ &= 25,649 \text{ ton} \end{aligned}$$

Sehingga sesuai kapasitas tangki standart ukuran pipa baja (BKI) direncanakan diameter pipa tangki bahan bakar menuju tangki harian = **32 mm = 1 1/4 Inch**, diameter luar pipa = **42,7 mm**

Kapasitas Pompa Air Tawar

$$\begin{aligned} Q &= 5,75 \times 10^{-3} \times dH^2 \\ &= 5,75 \times 10^{-3} \times 80^2 \\ &= 36,8 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

- **Tebal pipa air tawar**

Perhitungan tebal pipa dari tangki harian menuju mesin :

$$S = S_o + c + b$$

(Ref : 6.11. BKI Th.2006 Vol. III Sec. 11.C.2.1)

dimana :

$$S_o = (d_a P_c) / 20 \sigma_{\text{perm}} V + P_c$$

$$d_a = \text{diameter luar pipa} = 42,7 \text{ mm}$$

$$P_c = \text{Ketentuan Tekanan}$$

$$\sigma_{\text{perm}} = \text{Toleransi tegangan max} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$V = \text{Faktor efisiensi} = 1$$

$$c = \text{Faktor korosi sea water lines} = 3$$

$$b = 0$$

$$\begin{aligned} S_o &= (42,7 \times 16) / (20 \times 80 \times 1 + 16) \\ &= 0,422 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 0,422 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\ &= \mathbf{3,422 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa = **3,5 mm**

f) Pipa Udara dan Pipa Duga

- Pipa udara dipasang pada tiap tangki dengan diameter minimal 50 mm dan dengan tebal 5,0 mm untuk dasar ganda berisi air sedangkan diameter minimum adalah 100 mm untuk ruangan yang berisi bahan bakar.
- Pipa duga dipasang pada tangki bahan bakar, tangki air tawar dan tangki ballast. Pipa duga direncanakan = 0,06 m

g) Pipa Saniter dan Pipa Sewage

- Pipa saniter berdiameter antara 50 – 150 mm
Direncanakan diameter 100 mm dengan ketebalan pipa 8,0 mm.
- Pipa sewage (pipa buangan air tawar)
Pipa sewage berdiameter 100 mm dengan ketebalan 8,0 mm.

h) Deflektor Pemasukan dan Pengeluaran Ruang Mesin

- Deflektor pemasukan pada ruang mesin

$$d = \sqrt{\frac{V_4 \times n \times \gamma^0}{900 \times \pi \times v \times \lambda^1}} + 0,05$$

(Ref : 6.12. Diklat Perlengkapan Kapal Jilib. B IV.2.a&b)

Dimana :

d = Diameter deflektor

V = Volume ruang mesin : 1783,692 m³

v = Kecepatan udara yang melewati ventilasi

= (2,2 – 4 m/det) : 4 m/det

γ^0 = Density udara bersih : 1 kg/m³

γ^1 = Density udara dalam ruangan : 1 kg/m³

n = Banyaknya pergantian udara tiap jam : 15 m³/jam

Maka :

$$d = \sqrt{\frac{1783,692 \times 15 \times 1}{900 \times 3,14 \times 4 \times 1}} + 0,05$$

$$= 1,588 \text{ m}$$

$$r = \frac{1}{2} \times d$$

$$= 0,5 \times 1,588$$

$$= 0,794 \text{ m}$$

Luas lingkaran deflektor

$$L = \pi \times r^2$$

$$= 3,14 \times 0,630$$

$$= 1,978 \text{ m}^2$$

Menggunakan 2 buah deflektor pemasukan

Jadi luas 1 buah deflektor

$$L_d = \frac{1}{2} \times L$$

$$= 0,5 \times 1,978$$

$$= 0,989 \text{ m}^2$$

Jadi diameter satu lubang deflektor

$$d = \sqrt{\frac{L_d}{\frac{1}{4} \times \pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,989}{\frac{1}{4} \times 3,14}}$$

$$= 1,122 \text{ m}$$

Ukuran deflektor pemasukan pada ruang mesin

$$d = 1,122 \text{ m}$$

$$a = 0,16 \times d : 0,16 \times 1,122 : 0,179 \text{ m}$$

$$b = 0,3 \times d : 0,3 \times 1,122 : 0,336 \text{ m}$$

$$c = 1,5 \times d : 1,5 \times 1,122 : 1,683 \text{ m}$$

$$r = 1,25 \times d : 1,25 \times 1,122 : 1,402 \text{ m}$$

$$e_{\min} = 0,4 \text{ m}$$

- **Deflektor pengeluaran pada ruang mesin**

$$d = 1,122 \text{ m}$$

$$a = 2 \times d : 2 \times 1,122 : 2,244 \text{ m}$$

$$b = 0,2 \times d : 0,2 \times 1,122 : 0,224 \text{ m}$$

$$c = 0,6 \times d : 0,6 \times 1,122 : 0,673 \text{ m}$$

$$e_{\min} = 0,4 \text{ m}$$

7. KOMPONEN-KOMPONEN DALAM SISTEM PIPA

a) Separator



Gambar 6.8. Separator

Fungsi separator adalah untuk memisahkan minyak dengan air. Prinsip terjadinya adalah dalam separator terdapat poros dan mangkuk–mangkuk yang berhubungan pada tepi–tepinya. Setelah minyak yang masih tercampur dengan air masuk ke separator maka mangkuk–mangkuk tersebut akan berputar bersama padanya. Dengan perbedaan masa jenisnya maka air akan keluar melalui pembuangan sedangkan minyak akan masuk melalui lubang–lubang pada mangkuk yang selanjutnya akan ditampung ketangki harian.

b) Hydrophore



Gambar 6.9. Hydrophore

Dalam hydrophore terdapat 4 bagian dimana $\frac{3}{4}$ nya berisi air sedangkan $\frac{1}{4}$ nya berisi udara dengan tekanan kerja 3 kg/cm² maka hydrophore akan

bekerja mendistribusikan masing–masing ke ruang mesin–mesin kemudi dan geladak dengan bantuan kompresor otomatis.

c) Cooler



Gambar 6.10. Cooler

Fungsi dari cooler adalah sebagai pendingin yang bagian dalamnya terdapat pipa kecil untuk masuknya air laut sebagai pendingin minyak masuk melalui celah pipa air laut yang masuk secara terus menerus. Dengan demikian minyak akan selalu dingin sebelum masuk ke ruang mesin (ME dan AE).

d) Purifier



Gambar 6.11. Purifier

Secara prinsip sama dengan separator yaitu sebagai pemisah antara minyak dengan air. Hanya pada purifier kotoran yang telah dipisahkan akan dibuang pada saat kapal mengadakan pengedokan atau bersandar ke pelabuhan untuk menghindari pencemaran lingkungan.

e) **Strainer/ Filter**



Gambar 6.12. Strainer

Fungsi dari alat ini adalah sebagai saringan yang bagian dalamnya terdapat lensa penyaring.

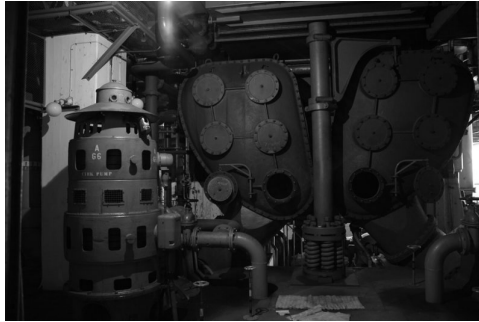
f) **Botol Angin Dan Sea Chest**



Gambar 6.12. Sea Chest

Fungsinya apabila kotak lautnya terdapat banyak kotoran atau binatang laut, angin akan menyemburkan udara yang bertekanan ke dalam kotak laut tersebut.

g) Kondensor Pada Instalasi Pendingin



Gambar 6.13. Kondensor

Fungsinya adalah untuk mengubah uap air menjadi air untuk keperluan pendinginan.

7. PERHITUNGAN SEA CHEST

a) Perhitungan Displacement

Volume Badan Kapal Dibawah Garis Air (V)

$$\begin{aligned} V &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \\ &= 113,00 \times 18,60 \times 7,23 \times 0,69 \\ V &= 10485,249 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Displacement

$$D = V \times \gamma \times C \text{ ton}$$

Dimana :

$$V = \text{Volume badan kapal} : 10485,249 \text{ m}^3$$

$$\gamma = \text{Berat jenis air laut} : 1,025 \text{ Ton/m}^3$$

$$C = \text{Coefisien berat jenis} : 1,004$$

Jadi :

$$\begin{aligned} D &= V \times \gamma \times C \text{ ton} \\ &= 10485,249 \times 1,025 \times 1,004 \end{aligned}$$

$$D = 10790,369 \text{ Ton}$$

b) Diameter Dalam Pipa

Kapasitas tangki antara 10% - 17% D

(Ref : 6.13 Diktat SDK Hal 31 ITS Th. 1982)

Direncanakan 15% D :

$$\begin{aligned} d &= 15\% \times 10790,369 \\ &= \mathbf{1618,56 \text{ ton}} \end{aligned}$$

berdasarkan tabel didapat diameter pipa sebesar 250 mm.

c) Perhitungan Tebal Plat Sea Chest

Tebal plat sea chest tidak boleh kurang dari :

$$T = 12 \times a \sqrt{P \times k} + t_k \quad (\text{mm})$$

(Ref : 6.14. BKI Th.2006 Vol. II Sec. 8.B.5.3)

Dimana :

$$P = 2 Mws$$

$$a = 0,6 \text{ m}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} t &= 12 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{11,682 \text{ mm}} \end{aligned}$$

d) Modulus Penegar Kotak Sea Chest

$$W = k \times 56 \times a \times p \times l^2$$

(Ref : 6.15. BKI Th.2006 Vol. II Sec. 8.B.5.3.1)

$$\begin{aligned} &= 1 \times 56 \times 0,6 \times 2 \times (1,2)^2 \\ &= \mathbf{153,664 \text{ cm}^3} \end{aligned}$$

e) Perhitungan Lubang Sea Chest

• **Luas Penampang Pipa**

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 90^2 \\ &= \mathbf{6358,5 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

• **Luas Penampang Sea Greeting**

$$\begin{aligned} A_1 &= 2 \times A \\ &= 2 \times 6358,5 \\ &= \mathbf{12717 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

- Jumlah lubang sea greating direncanakan 16 buah maka luas tiap lubang sea greating :

$$\begin{aligned}a &= A_1/16 \\&= 12717 /16 \\&= \mathbf{794,813 \text{ mm}^2}\end{aligned}$$

- Bentuk lubang direncanakan persegi dengan panjang 80 mm maka:

$$\begin{aligned}L &= a/p \\&= 794,813 / 80 \\&= \mathbf{9,9 \text{ mm}}\end{aligned}$$

- Ukuran kisi-kisi sea greating

$$\text{Panjang (P)} = 80 \text{ mm dan lebar (L)} = 10 \text{ mm}$$